

ИЗУЧЕНИЕ ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ИНГИБИРОВАННОЙ ПЛЕНКИ НА ОСНОВЕ ИНГИБИТОРА ИФХАН-112 В УСЛОВИЯХ ВЛАЖНОГО ТРОПИЧЕСКОГО КЛИМАТА

АНУФРИЕВ Н.Г. ⁽¹⁾, ФИЛИЧЕВ Н.Л. ⁽¹⁾, ФАН БА ТЫ ⁽²⁾, КАРПОВ В.А. ⁽¹⁾

1. ВВЕДЕНИЕ

Разработка новых и совершенствование существующих наиболее эффективных технологий защиты металлов, сложных изделий техники от атмосферной и биологической коррозии по-прежнему является важной научной и практической задачей. В связи с этим в Российско-Вьетнамском Тропическом научно-исследовательском и технологическом центре [1] длительное время проводятся натурные климатические испытания различных летучих ингибиторов коррозии (ЛИК) серии ИФХАН, которые предназначены для защиты черных и цветных металлов.

Их пары при обычных температурах адсорбируются на поверхности металлов и предотвращают коррозионные процессы. Уникальным преимуществом ЛИК является высокая диффузионная способность их паров, которые проникают к металлу даже через плотные слои продуктов коррозии, в щели и зазоры, тем самым обеспечивают надежную защиту металлоконструкций, технических изделий практически любых габаритов при возможности хотя бы частичной герметизации защищаемого объема. Благодаря своим особенностям ЛИК обеспечивают надежную, экономичную защиту изделий, простоту использования в условиях, где применение других ингибиторов невозможно. Поэтому ЛИК применяются для консервации энергетического оборудования, транспортных средств, труб, резервуаров, прецизионной техники, микроэлектроники, металлокерамики и других. Ранее в Тропическом центре были испытаны ЛИК ИФХАН с использованием различных носителей-ингибированных бумаг, упаковок с силикагелем, содержащих ИФХАН-112 [2], которые по результатам натурных испытаний показали достаточно высокую защитную способность в условиях тропического климата.

Одним из наиболее эффективных и современных методов использования ЛИК является изготовление на их основе полимерных пленок для укрытия и упаковки различных изделий.

В связи с этим, целью настоящей работы была предварительная оценка эффективности полиэтиленовой пленки, изготовленной на основе летучего ингибитора коррозии ИФХАН-112 для защиты от атмосферной коррозии стали Ст3, меди М1, цинка Ц0 и алюминиевого сплава Д16 в условиях влажного тропического климата по результатам экспозиции в течение 12 мес.

2. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТОВ

2.1. Общая характеристика МНИИС Дам Бай

Многофункциональная научно-исследовательская испытательная станция (МНИИС) Дам Бай Приморского отделения Тропического центра проводит работы по натурным испытаниям штатных и перспективных материалов, отдельных образцов изделий, а также средств их защиты от внешних воздействующих факторов тропического климата, натурные испытания в морской среде при полном погружении в море различных материалов с противокоррозионными и противообрастающими покрытиями.

МНИИС Дам Бай Приморского отделения Тропического центра построена в июле 2007 года на южной оконечности острова Хон Че, в акватории Восточного моря (Южно-китайское море) в заливе Дам Бай. Географические координаты МНИИС: 12°19' северной широты, 109°29' западной долготы.

Среднегодовые данные метеорологических и аэрохимических наблюдений на КИС Дам Бай за 2016 г представлены в табл. 1 и на рис. 1÷3.

Таблица 1. Среднегодовые значения метеорологических и аэрохимических наблюдений

№	Наблюдение	Ед. изм	Значение
1	Среднегодовая температура воздуха	°С	27,3 ± 1,3
2	Среднегодовая минимальная температура воздуха	°С	24,9 ± 1,6
3	Среднегодовая максимальная температура воздуха	°С	32,1 ± 1,1
4	Среднегодовая относительная влажность воздуха	%	79,7 ± 2,3
5	Среднегодовая минимальная влажность воздуха	%	66,7 ± 1,8
6	Среднегодовая максимальная влажность воздуха	%	95,7 ± 3,2
7	Среднегодовое количество выпадающих осадков	мм/год	2152,0±215,8
8	Среднегодовое значение суммарной солнечной радиации	МДж/м ² .год	6274,5 ± 95,19
9	Скорость выпадения хлоридов	мг/м ² .сут	40,3 ± 3,9
10	Скорость выпадения SO ₂	мг/м ² .сут	3,9 ± 0,4

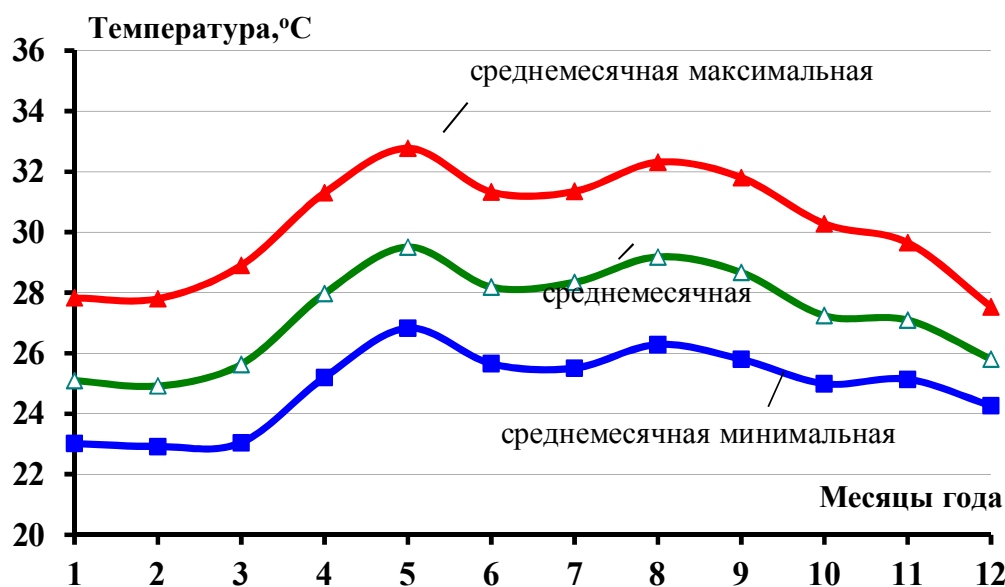


Рис. 1. Среднемесячная температура атмосферного воздуха на МНИИС Дам Бай за 2016 г.

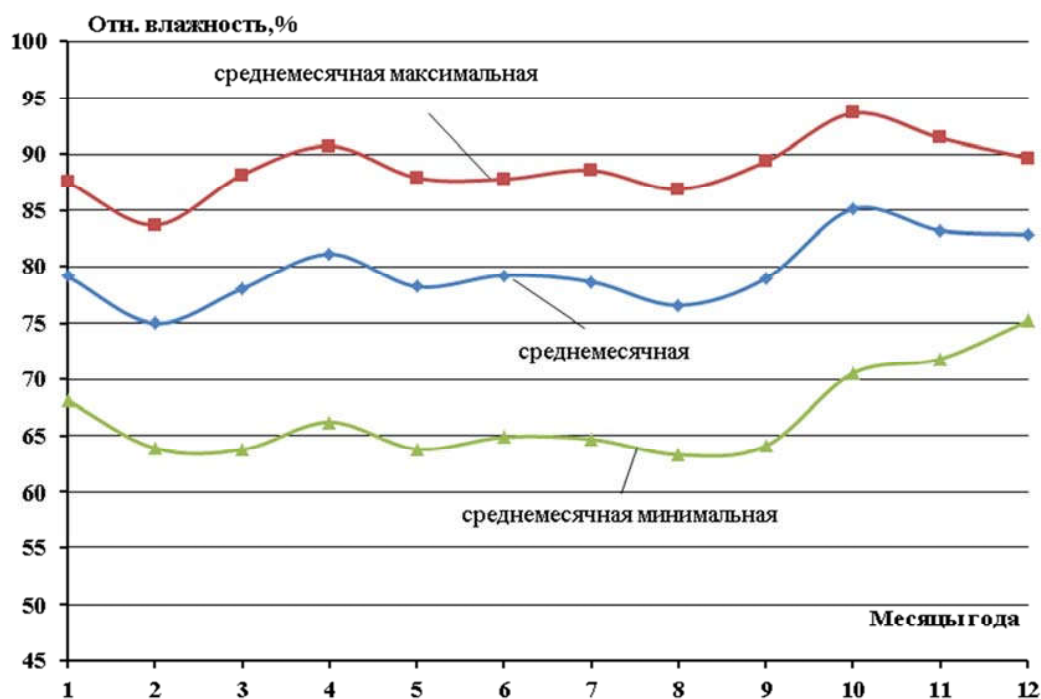


Рис. 2. Среднемесячная относительная влажность атмосферного воздуха на МНИИС Дам Бай за 2016 г.

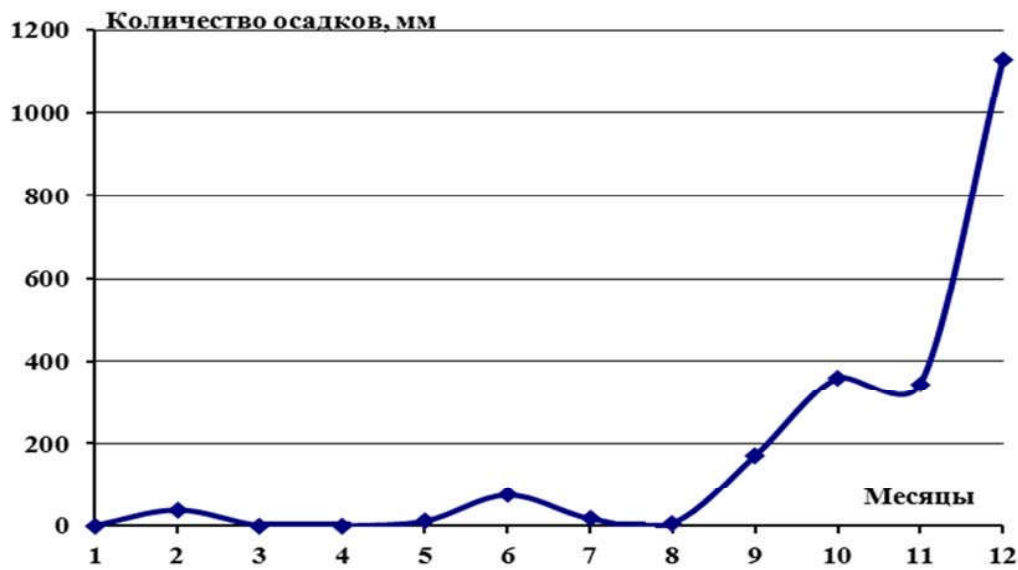


Рис. 3. Количество осадков на МНИИС Дам Бай за 2016 г.

Характерными природно-климатическими особенностями зоны влажных тропиков Вьетнама, в которой расположена МНИИС Дам Бай, являются:

- Узкий температурный диапазон - минимальная годовая около $+20^{\circ}\text{C}$ (по отдельным месяцам не опускающаяся ниже $+25^{\circ}\text{C}$), максимальная годовая приближена к $+40^{\circ}\text{C}$;
- Высокая влажность воздуха: в сезон дождей $85\div 100\%$; в сухой сезон $65\div 85\%$ в сочетании с высокой температурой и высоким уровнем ее суточных перепадов;
- Высокий уровень солнечной радиации;
- Повышенный уровень содержания выпадающих хлоридов в прилежащих к морю районах, до $60 \text{ мг/м}^2 \cdot \text{сут.}$

2.2. Объекты испытаний

Образцы для коррозионных испытаний представляли собой пластины из стали Ст3 размером (25x50x2) мм, меди М1 размером (20x25x2) мм, цинка Ц0 размером (20x25x4) мм и алюминиевого сплава Д16. Испытывались по два одинаковых образца каждого металла.

Подготовка образцов к испытаниям осуществлялась. Продукты коррозии снимали механической очисткой, далее промывали дистиллированной водой, высушивали, взвешивали на весах с точностью до $0,0001 \text{ г}$, и помещали в эксикатор с осушителем. Далее образцы по одному упаковывались в пакеты из полиэтиленовой пленки (70x70) мм, контрольные - в пленку, не содержащую ингибитора, а также ИФХАН-112 с различным содержанием летучего ингибитора ИФХАН-112 - 3,0 и 4,5%.

Для проведения испытаний применялись следующие варианты упаковки образцов:

Контактная защита - образец металла упаковывается в полиэтиленовую пленку, содержащую ингибитор (опытный образец), либо без ингибитора (контрольный образец), при этом происходит непосредственный контакт пленки с поверхностью металлического образца.

Парофазная защита - перед упаковкой в полиэтиленовую пленку образец подвешивается внутри П-образного каркаса, при этом сводится к минимуму вероятность контакта пленки с поверхностью металлического образца.

Контрольные образцы были запаяны в пленку толщиной 120 мкм (белая) с каркасом и без него, опытные - в ингибированную полиэтиленовую пленку, изготовленную на основе летучего ингибитора коррозии ИФХАН-112 с его содержанием 4,5% (толщиной 180 мкм, синяя) и 3,0% (толщиной 120 мкм, белая) с каркасом и без него. Упаковки с пленкой имели размеры около 50х70 мм. Для проведения испытаний опытные и контрольные образцы, упакованные в пленку, свободно подвешивали в жалюзийном хранилище МНИИС в условиях, исключающих прямое воздействие на них атмосферных осадков и солнечного ультрафиолета. (рис.4). Общая продолжительность испытаний - 3 года.



Рис. 4. Натурные коррозионные испытания образцов из Ст3, М1, Ц0 и Д16, упакованных в ингибированную пленку, содержащую ИФХАН-112 в жалюзийном хранилище МНИИС Дам Бай

По истечении 6-ти и 12 мес испытаний производились вскрытие всех упаковок с пленкой и осмотр металлических образцов из стали Ст3, меди М1, цинка Ц0 и алюминиевого сплава Д16. При этом проводилась визуальная оценка степени их коррозионного поражения по следующим критериям:

- По площади коррозионных поражений;
- По характеру поражений (точечные, пятнами, сплошные);
- По степени поражений (поверхностные, глубокие);
- По виду поражений (в зависимости от цвета продуктов коррозии).

Результаты оценки степени коррозионных поражений металлов (контрольных и опытных) приведены в табл.2, а также на рис. 5÷8.

Таблица 2. Площадь и характер коррозионных поражений металлических образцов (контрольных и в ингибированной пленке) после 6 и 12 мес натурной экспозиции в жалюзийном хранилище МНИИС Дам Бай

№ п/п	Материал	Время, мес	Контроль 0% ИФХАН-112		3% ИФХАН-112		4,5% ИФХАН-112	
			Парофазная защита	Контактная	Парофазная защита	Контактная	Парофазная защита	Контактная
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Ст3	6	3÷5%; точечная, пятнами; поверхностная; черные продукты коррозии железа	1÷2%; точечная, пятнами; поверхностная; черные продукты коррозии железа	2÷3%; точечная, пятнами; поверхностная; черные продукты коррозии железа	0,1%; отдельные точки; поверхностная; черные продукты коррозии железа	0,2%; отдельные точки; поверхностная; черные продукты коррозии железа	0%; без изменений
2	Ст3	12	7÷8%; точечная, пятнами; поверхностная; темно-бурые продукты коррозии железа	2÷3%; точечная, пятнами; поверхностная; темно-бурые продукты коррозии железа	7÷8%; точечная, пятнами; поверхностная; темно-бурые продукты коррозии железа	0,1%; отдельные точки (0,1 шт/см ²); поверхностная; темно-бурые продукты коррозии железа	2÷3%; точечная, пятнами; поверхностная; темно-бурые продукты коррозии железа	2÷3%; точечная, пятнами; поверхностная; темно-бурые продукты коррозии железа

3	M1	6	1÷2%; отдельные точки; поверхностная; коричневый оксид меди	2÷3%; точечная, пятнами;поверхностная; коричневый оксид меди	0,1%; отдельные точки; поверхностная; коричневый оксид меди	0,5%; отдельные точки; поверхностная; коричневый оксид меди	0,1%;отдельные точки; поверхностная; коричневый оксид меди	0,1%; пятнами; поверхностная; коричневый оксид меди
4	M1	12	1÷2%; отдельные точки; поверхностная; коричневый оксид меди	2÷3%; точечная, пятнами;поверхностная; коричневый оксид меди	0,5%; отдельные точки; поверхностная; коричневый оксид меди	0,1%; отдельные точки; поверхностная; коричневый оксид меди	0,1%; отдельные точки; поверхностная; коричневый оксид меди	1%; пятнами; поверхностная; коричневый оксид меди
5	Ц0	6	0%, без изменений	0%, без изменений	0%,без изменений	0,5%; потемнение	0%, без изменений	0,5%; потемнение
6	Ц0	12	3÷5%; точечная, пятнами; поверхностная; белые продукты коррозии цинка	1÷2%; точечная, пятнами; поверхностная; белые продукты коррозии цинка	0,1%; отдельные белые точки; поверхностная; продукты коррозии цинка	0,5%; потемнению, отдельные белые точки	0,1%; отдельные белые точки; поверхностная; продукты коррозии цинка	0,5%; потемнение, отдельные белые точки; поверхностная; продукты коррозии цинка
7	D16	6	5%; точечная; поверхностная; белые продукты коррозии алюминия	5%; пятнами; поверхностная; серые продукты коррозии алюминия	3%; пятнами; поверхностная; серые продукты коррозии алюминия	1÷2%; пятнами; поверхностная; серые продукты коррозии алюминия	2÷3%; пятнами; поверхностная; серые продукты коррозии алюминия	1%; пятнами; поверхностная; серые продукты коррозии алюминия
8	D16	12	5%; точечная; поверхностная; белые продукты коррозии алюминия	5%; пятнами; поверхностная; серые продукты коррозии алюминия	5÷6%; пятнами; поверхностная; серые продукты коррозии алюминия	1÷2%; пятнами; поверхностная; серые продукты коррозии алюминия	2÷3%; пятнами; поверхностная; серые продукты коррозии алюминия	1%; пятнами; поверхностная; серые продукты коррозии алюминия

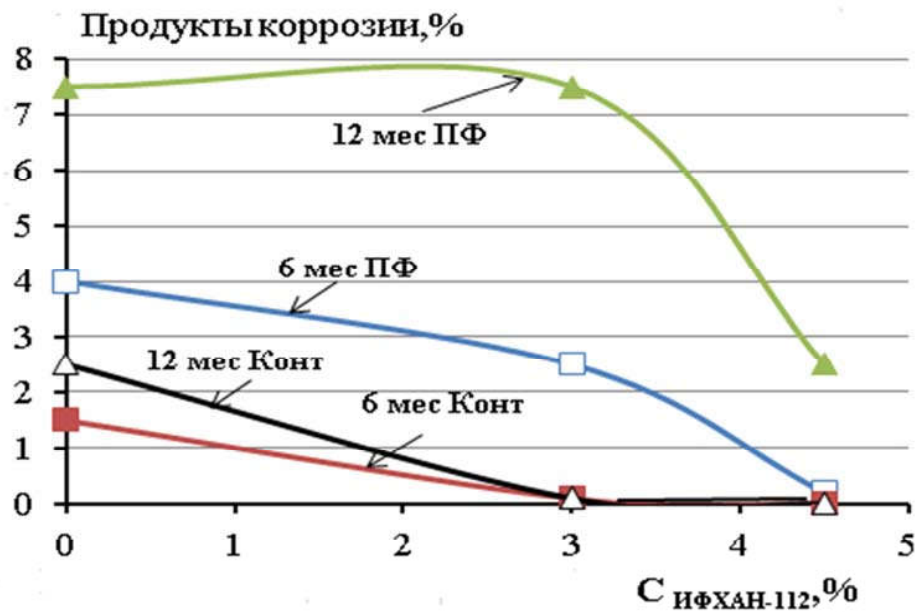


Рис. 5. Площадь коррозионных поражений Ст3 в зависимости от содержания ИФХАН-112 в ингибированной пленке и времени натурной экспозиции: ПФ-парофазная защита, Конт-контактная защита

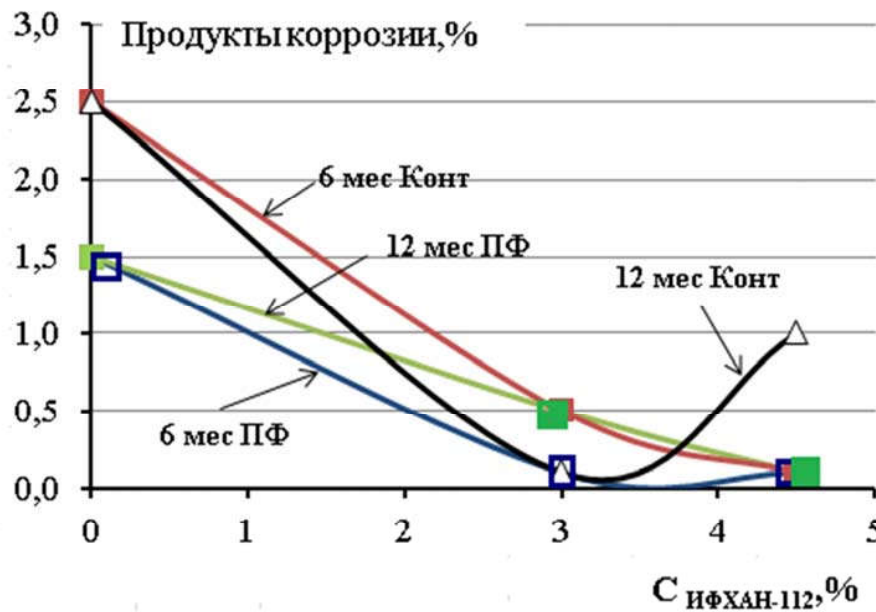


Рис. 6. Площадь коррозионных поражений М1 в зависимости от содержания ИФХАН-112 в ингибированной пленке и времени натурной экспозиции: ПФ-парофазная защита, Конт-контактная защита

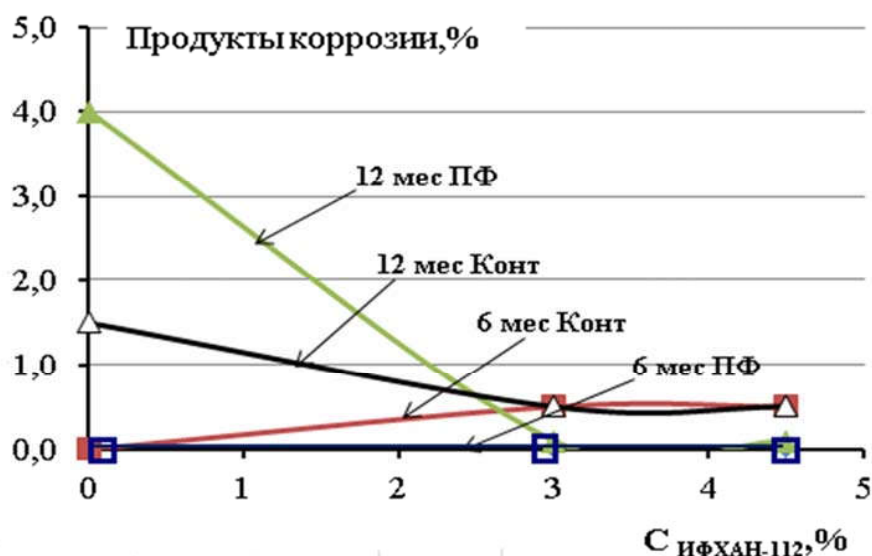


Рис. 7. Площадь коррозионных поражений Ц0 в зависимости от содержания ИФХАН-112 в ингибированной пленке и времени натурной экспозиции: ПФ-парофазная защита, Конт- контактная защита

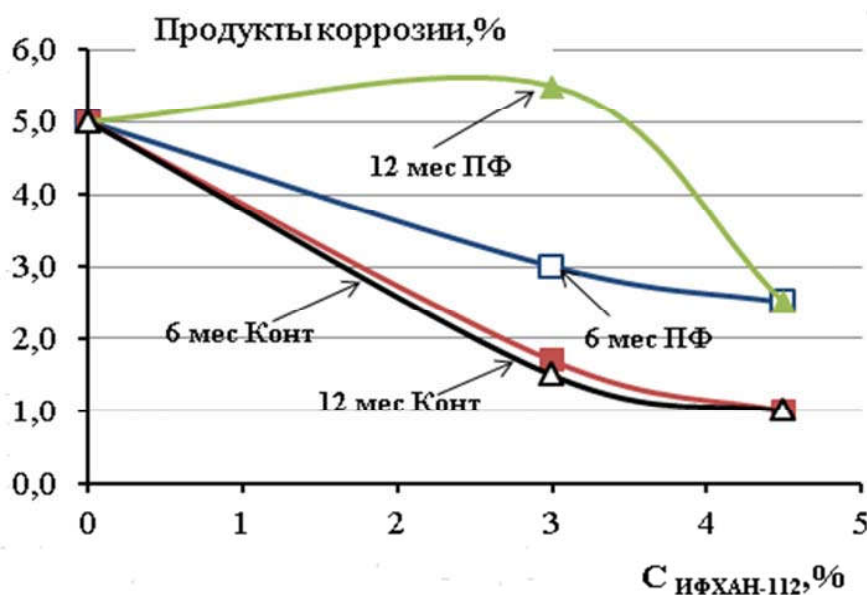


Рис. 8. Площадь коррозионных поражений Д16 в зависимости от содержания ИФХАН-112 в ингибированной пленке и времени натурной экспозиции: ПФ-парофазная защита, Конт- контактная защита

Из данных, приведенных на рис.5 и в табл.2 следует, что применение контактной защиты с помощью полиэтиленовой пленки, содержащей 3,0 и 4,5% ИФХАН-112, обеспечивает практически полную защиту стали Ст3 в

течение 6÷12 мес натурной экспозиции, парофазной защиты - только в течение 6 мес, через 12 мес на стальных образцах в этом случае обнаруживаются точки и пятна черных продуктов коррозии железа (2÷3%).

В случае меди М1 (рис.6) парофазный и контактный методы при содержании 3% ИФХАН-112 обеспечивают довольно высокую степень защиты, на поверхности образцов наблюдаются лишь отдельные точки коричневого оксида меди (через 6÷12 мес). При увеличении содержания ингибитора в пленке до 4,5% в случае парофазной защиты коррозия меди минимальна (6÷12 мес). Эффективность контактной защиты (4,5%) через 12 мес экспозиции снижается, наблюдается заметная коррозия пятнами (1%).

Парофазный и контактный методы обеспечивают высокую степень защиты цинка Ц0 (рис.7) в течение 6÷12 мес экспозиции при содержании в пленке 3÷4,5% ИФХАН-112. На поверхности образцов наблюдаются лишь отдельные белые точки продуктов коррозии цинка (0,1÷0,5%).

Полная защита от коррозии алюминия Д16 ингибированной пленкой ИФХАН-112 не обеспечивается (рис.8). На контрольных образцах (без ингибитора в пленке) площадь продуктов коррозии составляла 5% через 6÷12 мес экспозиции. Наблюдалась точечная поверхностная коррозия с образованием белых и серых соединений алюминия. Парофазная защита (3% ИФХАН-112 в пленке) после 6 мес экспозиции приводила лишь к незначительному снижению образования продуктов коррозии алюминия - до 3%, через 12 мес защитный эффект ингибитора отсутствовал. Контактный метод (3% ИФХАН-112 в пленке) обеспечивал снижение площади коррозионных повреждений с 5-ти до 1÷2% через 6÷12 мес. Увеличение содержания ингибитора в пленке до 4,5% практически не привело увеличению защитного эффекта при обоих способах защиты.

3. ВЫВОДЫ

1. Натурные испытания защитных свойств ингибированной пленки на основе ИФХАН-112 в условиях влажного тропического климата Южного Вьетнама в течение 12 мес показали ее высокую эффективность при защите стали Ст3, меди М1 и цинка Ц0,

2. Применение контактной защиты с помощью полиэтиленовой пленки, содержащей 3,0 и 4,5% ИФХАН-112, обеспечивает практически полную защиту стали Ст3 в течение 6÷12 мес натурной экспозиции, парофазной защиты - только в течение 6 мес.

3. Парофазный и контактный методы обеспечивают высокую степень защиты меди М1 и цинка Ц0 в течение 6÷12 мес экспозиции при содержании в пленке 3% ИФХАН-112.

4. Полная защита от коррозии алюминия Д16 ингибированной пленкой ИФХАН-112 не обеспечивается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карпов В.А., Ковальчук Ю.Л., Полтаруха О.П., Ильин И.Н., *Комплексный подход к защите от морского обрастания и коррозии*, М.:Т-во научных изданий КМК, 2007, с.40-43.
2. Андреев Н.Н., Ивонин В.Н., Казаков Н.А., Свитич А.А., Льюнг Дык Туан, *Результаты испытаний ингибиторов коррозии ИФХАН-1 и ИФХАН-112 в Российско-Вьетнамском Тропическом центре*, С120-124. Климатическая и биологическая стойкость материалов. -М.: ГЕОС, 2003, 142 с.

SUMMARY

STUDYING ON THE PROTECTIVE PROPERTIES OF INHIBITING FILMS BASED ON INHIBITOR IFKHAN-112 IN THE HUMID TROPICAL CLIMATE

Polyethylene film made from the basis of a volatile corrosion inhibitor IFKHAN-112 (3.0% and 4.5% by weight) was exposure to a preliminary assessment of its effectiveness of protection against atmospheric corrosion of St3 steel, M1 copper, Ts0 zinc and D16 aluminum alloy. Natural weathering test was conducted on Natural Weather Testing Station Dam Bay over the period of 12 months. The station is located in humid tropical climatic conditions. It was shown that the contact method provided almost complete protection for St3 steel in the period of 6÷12 months, whereas the vapor-phase method - only 6 months. Both methods provided a high protective level for copper and zinc (M1, Ts0) in the period of 6÷12 months. Inhibiting film IFKHAN-112 did not provide full protection for D16 aluminum alloy against the atmospheric corrosion.

Keywords: Atmospheric corrosion, carbon steel, copper, zinc, aluminum, inhibited films.

Nhận bài ngày 25 tháng 9 năm 2017

Hoàn thiện ngày 9 tháng 10 năm 2017

⁽¹⁾ *ФГБУН Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова, РАН, Москва.*

⁽²⁾ *Совместный Российско-Вьетнамский Тропический научно-исследовательский и технологический центр, Нячанг, СРВ*